

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. Juli 2005 (14.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/063417 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B21B 13/14**,  
13/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/013623

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. Dezember 2004 (01.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 59 838.3 19. Dezember 2003 (19.12.2003) DE  
10 2004 020 131.5 24. April 2004 (24.04.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SMS DEMAG AG** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Strasse 4, 40237 Düsseldorf (DE). **THYSSENKRUPP STAHL AG** [DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Strasse 100, 47166 Duisburg (DE).

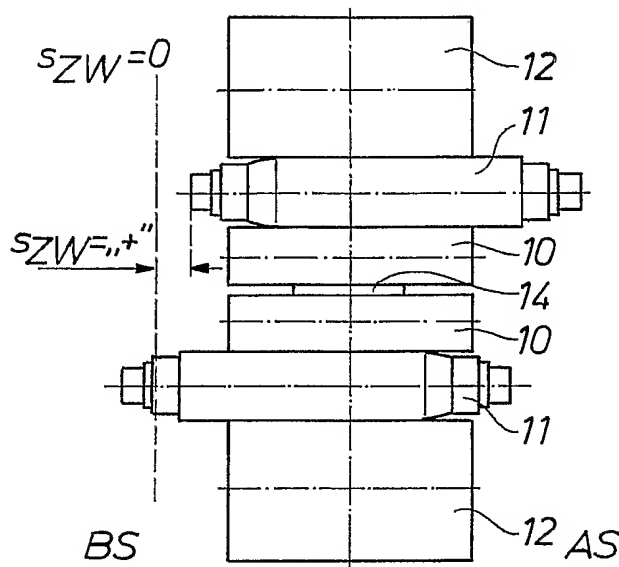
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RITTER, Andreas** [DE/DE]; Aurorastrasse 8, 35708 Haiger (DE). **HOLZ, Rüdiger** [DE/DE]; Tannenstrasse 10, 57290 Neunkirchen (DE). **OEMKES, Horst** [DE/DE]; Arndtstrasse 40, 46047 Oberhausen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMBINED OPERATING MODES AND FRAME TYPES IN TANDEM COLD ROLLING MILLS

(54) Bezeichnung: KOMBINIERTE FAHRWEISEN UND GERÜSTTYPEN IN KALT-TANDEMSTRASSEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for combining the operating modes of individual rolling frames in a tandem cold rolling mill comprising respective pairs of working rolls (10) and back-up rolls (12) in 4-roll frames and in addition a pair of intermediate rolls (11) in 6-roll frames, at least the working rolls (10) and the intermediate rolls (11) interacting with devices for axial displacement. Said method is characterised by a combination of the following technologies: use of CVC/CVC<sup>plus</sup> technology with CVC roll contours of a higher order, where each working/intermediate roll (10, 11) comprises a roll surface that is extended by the amount of the travel displacement; use of Pair Cross (PC) technology, whereby each working/intermediate roll (10, 11) can be pivoted parallel to the strip plane; use of strip-edge oriented displacement of the working/intermediate rolls (10, 11), each of the latter (10, 11) having a roll surface that is extended by the amount of the travel displacement, with a cylindrical or spherical section and said rolls being displaced symmetrically against one another relative to the neutral displacement position ( $s_{ZW} = 0$  and  $s_{AW} = 0$ ) in the centre of the frame (Y-Y) by an identical amount in the direction of their rotational axes (X-X). The method is also characterised in that the

CVC/CVC<sup>plus</sup> technology, the strip-edge oriented displacement technology and optionally the PC technology can be achieved using a suitable plant concept with a single geometrically identical set of rolls.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur kombinierten Fahrweise einzelner Walzengerüste innerhalb einer Kalttandemstrasse, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, ist gekennzeichnet durch Kombination der verschiedener Technologien: Verwendung der CVC/CVC<sup>plus</sup> - Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt; Verwendung der Pair Cross (PC) - Technologie, wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) parallel zur Banebene verschwenkt werden kann; Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits-/Zwischenwalzen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/063417 A1



(74) **Anwalt:** VALENTIN, Ekkehard; Valentin, Gihlske, Grosse, Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(10, 11), wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition ( $s_{ZW} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$ ) in Gerüstmitte (Y-Y) symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse (X-X) gegeneinander verschoben werden; und ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, das mit einer entsprechenden Anlagenkonzeption mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz die CVC/CVC<sup>plus</sup>-Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens sowie gegebenenfalls die PC-Technologie realisiert werden kann.

5

## Kombinierte Fahrweisen und Gerüsttypen in Kalttandemstraßen

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kombinierten Fahrweise einzelner Walzen-  
gerüste innerhalb einer Kalttandemstraße, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswal-  
zen und Stützwalzen bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwal-  
zen bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen und die Zwischen-  
walzen mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken.

15

In der Vergangenheit sind die Anforderungen an die Qualität von kaltgewalztem  
Band hinsichtlich Dickentoleranzen, erreichbaren Enddicken, Bandprofil, Bandplan-  
heit, Oberflächen etc. stetig gestiegen. Die Produktvielfalt am Markt für kaltgewalzte  
Bleche führt zudem zu einem immer vielfältigeren Produktspektrum hinsichtlich der  
20 Materialeigenschaften und der geometrischen Abmessungen. Aufgrund dieser  
Entwicklung wird der Wunsch nach flexibleren Anlagenkonzeptionen und Fahrwei-  
sen in Kalttandemstraßen – optimal angepasst an das zu walzende Endprodukt –  
immer stärker.

25 Das klassische Anlagenkonzept einer Kalttandemstraße besteht in der Aneinander-  
reihung mehrerer 4-Walzengerüste. Die Anzahl der benötigten Gerüste wird maß-  
geblich durch die Gesamtabnahme sowie die zu erzielende Enddicke bestimmt.  
Neben den Basiskonzepten mit Biegesystemen und festen Walzenballigkeiten als  
den Walzspalt beeinflussenden Stellgliedern, existieren im Wesentlichen drei weite-  
30 re Gerüstkonzeptionen, die entweder durch Verschieben oder durch Schwenken  
der Arbeitswalzen basierend auf unterschiedlichen Wirkprinzipien den Walzspalt  
zusätzlich beeinflussen.

Diese sind:

- 35
- Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens
  - CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie

- 5       • PC – Technologie (Per Cross – Schwenken der Arbeitswalzen)

Infolge unterschiedlicher, technologischer Kriterien kann es sinnvoll sein, vom klassischen Anlagenkonzept (bestehend ausschließlich aus 4-Walzengerüsten) abzuweichen und einzelne Gerüste als 6-Walzengerüste auszuführen.

10

Das Erreichen einer gewünschten Enddicke sowie die Realisierung bestimmter Abnahmeverteilungen (Stichplangestaltung), insbesondere bei höherfesten Güten, wird maßgeblich durch den Arbeitswalzendurchmesser beeinflusst. Mit abnehmendem Arbeitswalzendurchmesser reduziert sich die benötigte Walzkraft durch ein  
15 günstigeres Abplattungsverhalten. Der Durchmesserreduzierung sind sowohl von der Übertragung der Drehmomente her als auch im Hinblick auf die Walzendurchbiegung Grenzen gesetzt. Reichen die Zapfenquerschnitte zur Übertragung der Antriebsmomente nicht aus, so können die Arbeitswalzen über Reibungsschluss durch die benachbarte Walze angetrieben werden. Im Falle eines 4-Walzengerüsts  
20 sind allerdings schwere Antriebselemente (Motor, Kammwalzgetriebe, Spindeln) zur Realisierung eines Stützwälzenantriebs erforderlich, welche die Anlage verteuern. Hier ist es sinnvoll, einzelne Gerüste (meist die vorderen) als 6-Walzengerüste mit Zwischenwalzenantrieb auszuführen.

25

Für die Planheit des Bandes spielt neben der vertikalen Durchbiegung auch die horizontale Durchbiegung der Arbeitswalzen und Zwischenwalzen eine bedeutende Rolle. Durch das horizontale Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalzen aus der Mittelebene des Gerüsts erfolgt ein Abstützen des Walzensatzes, der zur wesentlichen Reduzierung der horizontalen Durchbiegung führt.

30

Eine zusätzliche Beeinflussung des Walzvorgangs bezüglich der Planheit und des Walzspalts besteht in einem Verschwenken der Arbeitswalzen, wobei, wie in der JP 57 190 704 A für 4-Walzengerüste beschrieben wird, die Arbeits- / Zwischenwalzen um einen gemeinsamen Drehpunkt in der Walzenachsenmitte parallel zur Band-  
35 ebene gegeneinander um jeweils den gleichen Betrag gleichzeitig verschwenkt werden.

5

Zudem verfügt das 6-Walzengerüst in der Zwischenwalzen-Biegung über ein zusätzliches, schnelles Stellglied. In Kombination mit der Arbeitswalzenbiegung besitzt das 6-Walzengerüst zwei in der Wirkung auf den Walzenspalt unabhängige Stellglieder. Im ersten Gerüst ist somit eine schnelle Adaption des Walzenspaltes an das einlaufende Bandprofil zur Vermeidung von Planheitsdefekten gewährleistet. Im letzten Gerüst können beide Stellglieder effektiv in der Planheitsregelung verwendet werden.

Ein weiteres Kriterium für die Qualität des Endproduktes ist die Oberflächenbeschaffenheit des auslaufenden Bandes. Durch texturierte (aufgeraute) und verchromte Walzen lässt sich die Oberfläche des Bandes gezielt voreinstellen. Um Markierungen am Endprodukt durch das Verschieben von Verschleißkanten oder Schattierungen auf der Bandoberfläche durch das Auftreten von Relativgeschwindigkeitsdifferenzen über der Breite des auslaufenden Bandes zu vermeiden, ist es sinnvoll, das letzte Gerüst einer Kalttandemstraße als 6-Walzengerüst auszuführen. Die Arbeitswalzen sind zylindrisch oder mit einer leichten Balligkeit versehen. Sie werden im Walzprozess nicht verschoben.

Bei den vorstehend beschriebenen Wirkprinzipien handelt es sich um getrennte Gerüstkonzepte, da unterschiedliche Walzengeometrien erforderlich sind. In der klassischen CVC – Technologie, wie sie in der EP 0 049 798 B1 beschrieben wird, sind die Ballenlängen der verschiebbaren Walzen stets um den axialen Verschiebehub länger als die feststehenden, unverschobenen Walzen. Dadurch wird erreicht, dass die verschiebbare Walze nicht mit ihrer Ballenkante unter die feststehenden Walzenballen geschoben werden kann. Somit werden Oberflächenschäden/Markierungen vermieden. Die Arbeitswalzen werden im Allgemeinen über ihre gesamte Länge an den Zwischen- oder Stützwalzen abgestützt. Dadurch wird die von den Stützwalzen ausgeübte Walzkraft auf die gesamte Länge der Arbeitswalzen übertragen. Dies hat zur Folge, dass die über das Walzgut seitlich vorstehenden und damit am Walzvorgang nicht beteiligten Enden der Arbeitswalzen durch die auf sie ausgeübte Walzkraft in Richtung auf das Walzgut durchgebogen wer-

5 den. Aus dieser schädlichen Durchbiegung der Arbeitswalzen resultiert eine Aufbiegung der mittleren Walzenabschnitte. Sie bewirkt ein zu geringes Auswalzen des zentralen Bandbereiches und ein starkes Auswalzen der Bandkanten. Diese Wirkungen kommen besonders bei sich im Betrieb ändernden Walzbedingungen sowie beim Walzen von unterschiedlich breiten Bändern zur Geltung.

10 Dem gegenüber werden bei der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens, wie in der DE 22 06 912 C3 offenbart ist, im gesamten Walzensatz Walzen mit gleichen Ballenlängen verwendet. Die verschiebbaren Walzen sind dabei einseitig im Ballenkantenbereich entsprechend geometrisch gestaltet und mit einem  
15 Rückschliff versehen, um lokal auftretende Lastspitzen zu reduzieren. Das Wirkprinzip beruht auf dem bandkantenorientierten Nachschieben der Ballenkante, entweder vor, auf oder sogar bis hinter die Bandkante. Insbesondere bei 6-Walzengerüsten führt das Verschieben der Zwischenwalze unter die Stützwalze zur gezielten Beeinflussung der Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung.  
20 Nachteilig wirkt sich allerdings bei diesem Verfahren das axiale Verschieben der Walzen auf die Lastverteilung in den jeweiligen Kontaktfugen aus. Mit kleiner werdender Bandbreite erhöht sich die maximal auftretende Lastspitze der Kontaktkraftverteilung gravierend.

25 In der Patentschrift DE 36 24 241 C2 (Verfahren zum Betrieb eines Walzwerks zur Herstellung eines Walzbandes) werden beide Verfahren miteinander kombiniert. Ziel ist es, die nachteilige Durchbiegung der Arbeitswalzen unter Walzkraft über das gesamte Bandbreitenspektrum zu vergleichmäßigen und unter Verkürzung der Verschiebewege die Wirksamkeit der Walzenbiegesysteme zu vergrößern, ohne dass  
30 der kontinuierliche Walzbetrieb unterbrochen werden muss. Dieses Ziel wird durch das bandkantenorientierte Verschieben von Zwischen- bzw. Arbeitswalzen mit einem aufgebrachten CVC-Schliff erreicht. Die Ballenkanten der CVC-Walzen werden dabei im Bereich der Bandkante positioniert. Wie im Falle der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens besteht der Walzensatz aus Walzen gleicher  
35 Ballenlängen.

- 5 Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist man bestrebt, möglichst alle Gerüste gleich auszuführen, um die Kosten für Wartung und Ersatzteile zu reduzieren. In der Vergangenheit wurden Kalttandemstraßen deshalb im klassischen Anlagenlayout oder durchweg in den beschriebenen Technologien ausgeführt.
- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, diese Technologien/Fahrweisen durch eine Gerüstkonzeption mit geometrisch gleichem Walzensatz zu realisieren, der nicht nur auf ein 6-Walzengerüst und nicht nur auf die Zwischenwalzen beschränkt ist.

Die gestellte Aufgabe wird verfahrensmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 durch einen kombinierten Einsatz folgender Technologien innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße gelöst:

- Verwendung der CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt;
- Verwendung der Per Cross (PC) – Technologie, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze parallel zur Bandebene verschwenkt werden kann;
- Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze einen um den Verschiebehub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition in Gerüstmitte symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse gegeneinander verschoben werden.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens ist durch die Merkmale des Anspruchs 5 gekennzeichnet.

5 Als Basis für das Gerüstkonzept wird die Walzenkonfiguration aus der CVC/CVC<sup>plus</sup>-Technologie für ein 6-Walzen- bzw. 4-Walzengerüst verwendet. Die verschiebbare Zwischen- bzw. Arbeitswalze besitzt einen um den CVC-Verschiebehub längeren Ballen, der sich für die neutrale Verschiebeposition symmetrisch in Gerüstmitte befindet.

10

Die Arbeits- / Zwischenwalze mit längerem und symmetrischem Ballen wird während des bandkantenorientierten Verschiebens entweder mit einem zylindrischen oder balligen Schliff eingesetzt. Durch geeignete Ausführung eines Rückschliffs im Bereich der Ballenkante in Kombination mit dem überlagerten Walzenschliff und dem bandbreitenabhängigen Optimieren der axialen Verschiebeposition lässt sich das Deformationsverhalten des Walzensatzes und die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) gezielt beeinflussen und der Walzspalt kann optimal eingestellt werden.

15

20 Weiterhin werden durch Optimieren der Verschiebeposition der Arbeits- / Zwischenwalzen gezielt Ballenbereiche innerhalb des Walzensatzes aus dem Kraftfluss ausgeblendet. Daraus resultierende, sich negativ auswirkende Verformungen werden reduziert, da das "Prinzip des idealen Gerüsts" angenähert wird. Allerdings erhöhen sich die auftretenden Lastverteilungen in den jeweiligen Kontaktfugen aufgrund der reduzierten Kontaktlängen.

25

Die beschriebenen Gerüstkonzeptionen werden gemäß der Erfindung derart abgewandelt, dass der Walzspalt entweder durch das Verschieben oder das Schwenken der Arbeits- / Zwischenwalze beeinflusst wird. Ein 6-Walzengerüst ist in jedem Fall zwingend notwendig, wenn ein zusätzliches, den Edge Drop des Bandes beeinflussendes Stellglied im Gerüst implementiert werden soll. Dazu sind zwei voneinander unabhängige Verschiebesysteme für Profil und Planheit nötig. Das Anlagenlayout wird durch diese Kriterien maßgeblich bestimmt. Abhängig von den gestellten Anforderungen an den Walzprozess reicht die Palette der Anlagenkonfigurationen von den klassischen Kalttandemstraßen, bestehend aus 4-Walzengerüsten, über kombinierte Anlagen, bestehend aus 4-/6-Walzengerüsten bis hin zur Kalttandemstra-

30

35



5 ße, die ausschließlich aus 6-Walzengerüsten besteht. Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Realisierung einer bandkantenorientierten Verschiebestrategie ausschließlich der Zwischenwalzen und ausschließlich in einem 6-Walzengerüst unter Verwendung eines geometrisch gleichen Walzensatzes ist in der DE 100 37 004 A1 ausführlich beschrieben.

10

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den nachstehenden Erläuterungen einiger in Zeichnungsfiguren schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele. Zur besseren Übersichtlichkeit sind gleiche Walzen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

15

Es zeigen:

- Fig. 1 die Geometrie der Zwischenwalze ohne Walzenschliff in einem 6-  
20 Walzengerüst,  
Fig. 2 die Geometrie der Arbeitswalze ohne Walzenschliff in einem 4-  
Walzengerüst,  
Fig. 3 den einseitigen Rückschliff im Bereich der Ballenkante einer Arbeits-/  
Zwischenwalze,  
25 Fig. 4 Gerüstkonzeption mit verlängertem Zwischenwalzenballen,  
Fig. 5 Gerüstkonzeption mit verlängertem Arbeitswalzenballen,  
Fig. 6a-6c Positionierung des Zwischenwalzenrückschliffs,  
Fig. 7a-7c Positionierung des Arbeitswalzenrückschliffs.

30

In den Figuren 1 und 2 ist die Geometrie der Zwischen- / Arbeitswalze 11, 10 ohne Walzenschliff dargestellt. In Fig. 1 befindet sich die mit einem verlängerten Ballen versehene verschiebbare Zwischenwalze 11 zwischen der Arbeitswalze 10 und der Stützwalze 12 in neutraler Verschiebeposition  $s_{ZW} = 0$  symmetrisch in der Gerüstmitte Y-Y. In Fig. 2 besitzt die Arbeitswalze 10 einen verlängerten Ballen. Auch sie  
35

- 5 befindet sich in neutraler Verschiebeposition  $s_{AW} = 0$  symmetrisch in der Gerüstmitte Y-Y.

In der Figur 3 ist schematisch das Aussehen und die geometrische Anordnung eines einseitigen Rückschliffs d im Bereich der Ballenkante einer Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 dargestellt. In der DE 100 37 004 A1 ist ein einseitiger Rückschliff, wie er hier verwendet wird, bereits ausführlich beschrieben und in einer Zeichnungsfigur dargestellt.

Die Länge l des einseitigen Rückschliffs d im Bereich einer Ballenkante der Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 teilt sich in zwei aneinander gesetzte Bereiche a und b auf. Im ersten inneren Bereich a, beginnend im Punkt  $d_0$ , folgt der Rückschliff d der Kreisgleichung  $(l - x)^2 + y^2 = R^2$  mit R für den Walzenradius. Für den Bereich a ergibt sich dann ein Betrag  $d(x)$  des Rückschliffs d von:

$$20 \quad \text{Bereich a: } =(R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2}$$

Wird eine in Abhängigkeit der äußeren Randbedingungen (Walzkraft und daraus resultierende Walzenverformung) vorgegebene minimal notwendige Durchmesserreduzierung 2d erreicht, so verläuft der Rückschliff d linear bis zur Ballenkante aus, woraus sich für den Bereich b ergibt.

$$\text{Bereich b: } = l - a \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = \text{const.}$$

Der Übergang zwischen Bereich a und b kann mit oder ohne stetig differenzierbarem Übergang ausgeführt werden. Weiterhin kann dieser Übergang des Rückschliffs auch mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Abplattung resultierenden Maßes d nach einer vorher ermittelten Tabelle vorgenommen werden. Der Rückschliff d ist dann beispielsweise im Übergangsbereich flacher als ein Radius und am Ende sehr viel steiler. Aus schleiftechnischen Gründen ist der Übergang

- 5 zum zylindrischen Teil über einen entsprechend größeren Absatz im Übergang zwischen a und b auszuführen (ca. 2d).

Die Durchmesserreduzierung 2d durch den Rückschliff wird so vorgegeben, dass sich in einem 6-Walzengerüst die Arbeitswalze 10 frei um den Rückschliff d der  
10 Zwischenwalze 11 biegen kann, ohne dass Kontakt im Bereich b befürchtet werden muss. Im 4-Walzengerüst dient der Rückschliff d nur zur lokalen Reduzierung der auftretenden Lastspitzen.

Im Normalfall befindet sich der einseitige Rückschliff d an der oberen Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS und an der unteren Arbeits- / Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite AS, wie in der Figuren 4 und 5 dargestellt ist. Am Wirkprinzip ändert sich aber nichts, wenn man den Rückschliff d umgekehrt an der oberen Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite AS und an der unteren Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS anbringt.

20

In den Figuren 6a bis 6c ist das axiale Verschieben der Zwischenwalze 11 um einen Verschiebehub m dargestellt. In Fig. 6a wird der Beginn  $d_0$  des Rückschliffs d außerhalb ( $m = +$ ), in Fig. 6b auf ( $m = 0$ ) und in Fig. 6c innerhalb ( $m = -$ ) der Bandkante, also schon innerhalb der Bandbreite positioniert. Die Positionierung erfolgt in  
25 Abhängigkeit von der Bandbreite und den Materialeigenschaften, wodurch gezielt das elastische Verhalten des Walzensatzes sowie die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) eingestellt werden kann.

In den Figuren 7a bis 7c sind schließlich die in gleicher Weise wie bei der Zwischenwalze 11 in den Figuren 6a bis 6c durchgeführten bandkantenorientierten Verschiebungen der Arbeitswalze 10 dargestellt.

30

In verschiedenen Bandbreitenbereichen wird die Verschiebposition durch stückweise lineare Ansatzfunktionen vorgegeben, denen unterschiedliche Positionen des  
35 Beginns  $d_0$  des Rückschliffes d relativ zur Bandkante zu Grunde liegen.

- 5 Wesentlicher Vorteil der beschriebenen Gerüstkonzeption ist, dass mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz die CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens realisiert werden kann. Es sind keine unterschiedlichen Walzentypen mehr notwendig. Unterschiede bestehen nur noch im aufgebrachten Walzenschliff oder einem Rückschliff nach oben gearteten
- 10 Vorgaben. Dabei besteht die Möglichkeit, beide Technologien noch zusätzlich mit einem Verschwenken der Arbeits- / Zwischenwalzen in der Banebene miteinander zu kombinieren.

5

## Bezugszeichenliste

	10	Arbeitswalze
10	11	Zwischenwalze
	12	Stützwalze
	14	Walzband
	a	erste innere Abschnittslänge von d
	b	zweite äußere Abschnittslänge von d
15	d	Rückschliff
	d <sub>0</sub>	Beginn von d
	d(x)	von x abhängiger Betrag von d
	l	Länge von d
	m	Verschiebehub
20	s <sub>AW</sub>	Verschiebungsbetrag einer Arbeitswalze
	s <sub>ZW</sub>	Verschiebungsbetrag einer Zwischenwalze
	x, y	kartesische Koordinaten
	AS	Antriebsseite
	BS	Bedienungsseite
25	R	Walzenradius
	R <sub>0</sub>	Ausgangswalzenradius
	X-X	Rotationsachse
	Y-Y	Gerüstmitte

30

5

## Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Fahrweise der Walzengerüste einer Kalttandemstraße, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken,
- 15 **gekennzeichnet durch**
- den kombinierten Einsatz folgender Technologien innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße:
- Verwendung der CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie mit CVC-Walzkonturen höherer Ordnung, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) einen um den
  - 20 Verschiebehub verlängerten Ballen besitzt;
  - Verwendung der Per Cross (PC) – Technologie, wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) parallel zur Bandebene verschwenkt werden kann;
  - Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11), wobei jede Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) einen
  - 25 um den Verschiebehub verlängerten Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff besitzt und diese relativ zur neutralen Verschiebeposition ( $s_{ZW} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$ ) in Gerüstmitte (Y-Y) symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Rotationsachse (X-X) gegeneinander verschoben werden.
  - 30
32. Verfahren nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass zur Verwendung des bandkantenorientierten Verschiebens die Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) mit einem einseitigen Rückschliff (d) versehen sind,
- 35 wobei beim Verschieben jeder Arbeits- / Zwischenwalze (10, 11) der Beginn

5        ( $d_0$ ) des Rückschliffs (d) außerhalb oder auf oder innerhalb der Bandkante, d. h. innerhalb der Bandbreite des Bandes (14), positioniert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**

10        dass die Verschiebeposition der Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) in unterschiedlichen Bandbreitenbereichen durch stückweise lineare Ansatzfunktionen vorgegeben wird, denen unterschiedliche Positionen des Beginns ( $d_0$ ) des Rückschliffs (d) relativ zur Bandkante (14) zugrunde liegen.

15        4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**

dass durch optimierte Verschiebestrategien als Funktion der Bandbreite eine bestmögliche Ausnutzung der Technologiekombination innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße erfolgt.

20

5. Kalttandemstraße, umfassend 4- / 6-Walzengerüste mit jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich jeweils ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken,

25

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) der Walzgerüste je einen um den axialen Verschiebehub verlängerten und symmetrischen Ballen mit einem zylindrischen oder balligen Schliff aufweisen, der sich für die neutrale Verschiebeposition ( $s_{ZW} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$ ) symmetrisch in Gerüstmitte (Y-Y) befindet.

30

6. Kalttandemstraße nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**

35        dass der Ballen der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11) mit einem einseitigen Rückschliff (d) versehen ist, dessen Länge (l) in zwei aneinander grenzende

5 Bereiche (a) und (b) getrennt ist, wobei der erste Bereich (a), beginnend mit dem Radius ( $R_0$ ), der Kreisgleichung

$$(l - x)^2 + y^2 = R^2$$

folgt und der Bereich (b) linear verläuft, woraus sich für diese Bereiche folgender Rückschliff (d) bzw. folgende Durchmesserreduzierung (2d) ergibt:

$$\begin{aligned} 10 \quad \text{Bereich (a): } &= (R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2} \\ \text{Bereich (b): } &= l - a \quad \Rightarrow \quad d = d(x) = \text{const.} \end{aligned}$$

7. Kalttandemstraße nach Anspruch 5 oder 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

15 dass der Übergang des Rückschliffs (d) zwischen den Bereichen (a) und (b) mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Walzenabplattung resultierenden Maßes (d) nach einer ermittelten Tabelle vorgenommen wird.

8. Kalttandemstraße nach Anspruch 5, 6 oder 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

20 dass durch entsprechende Wahl der Walzgerüste eine Kombination der verschiedenen Technologien:

- des bandkantenorientierten Verschiebens der Arbeits- / Zwischenwalzen (10, 11),
- 25 • der CVC – Technologie, und
- des Verschwenkens der Arbeitswalzen (10), der PC – Technologie (Per Cross),

innerhalb der mehrgerüstigen Kalttandemstraße ermöglicht wird.

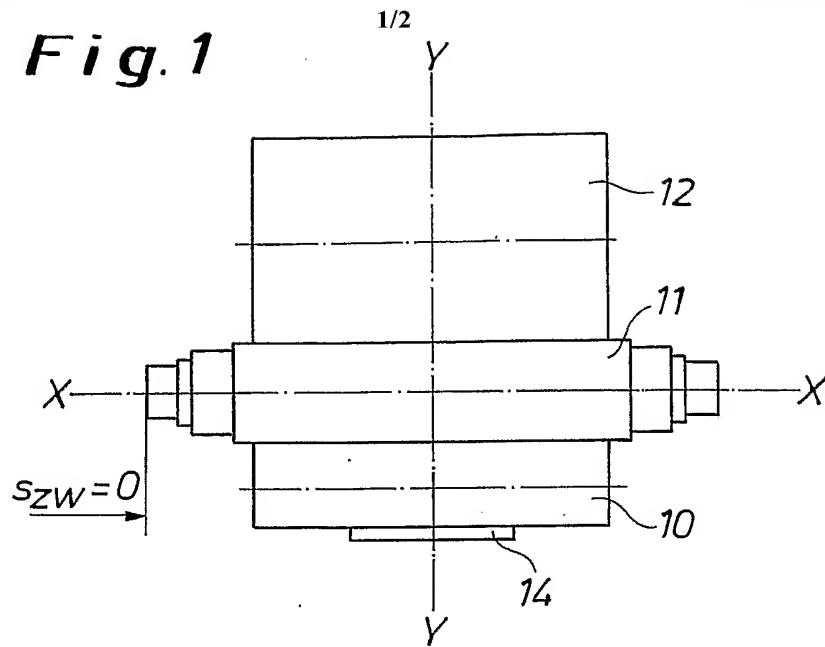
30 9. Verfahren nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

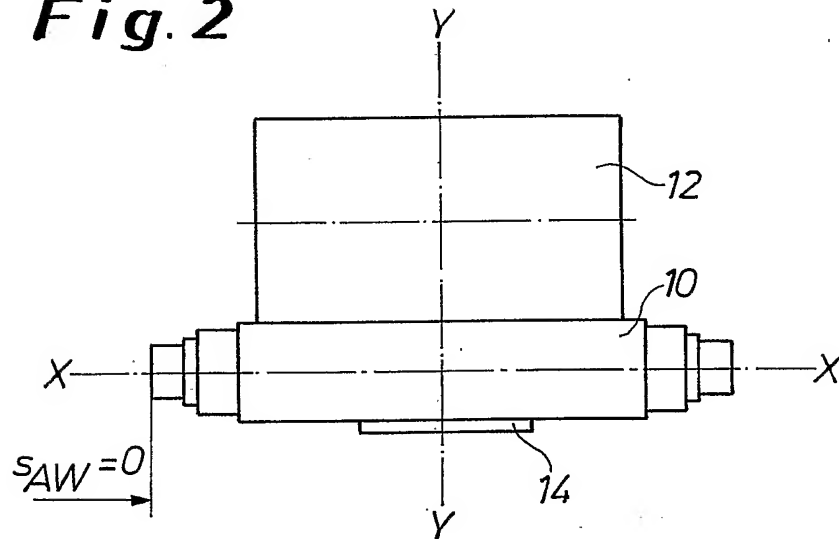
dass durch entsprechende Anlagenkonzeption die CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie sowie die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens sowie gegebenenfalls die PC-Technologie mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz  
35 realisiert wird.



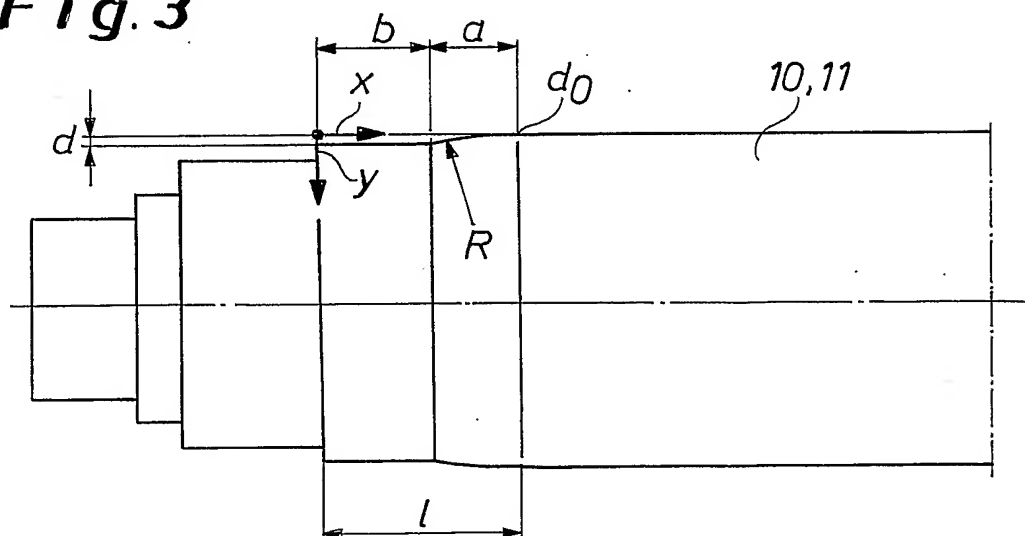
**Fig. 1**

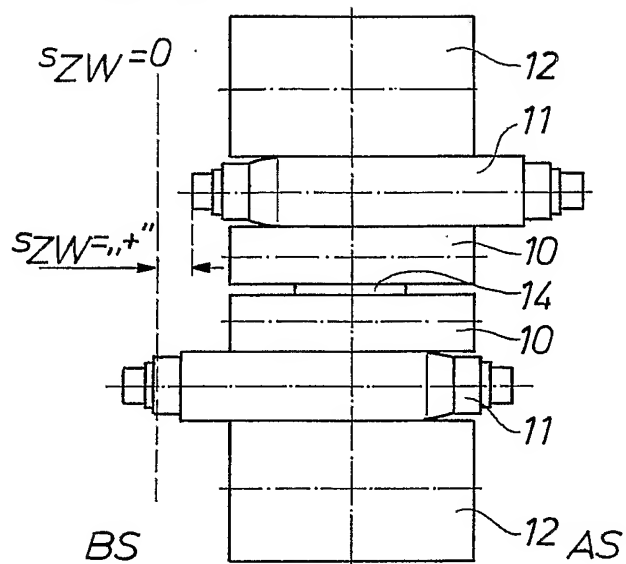
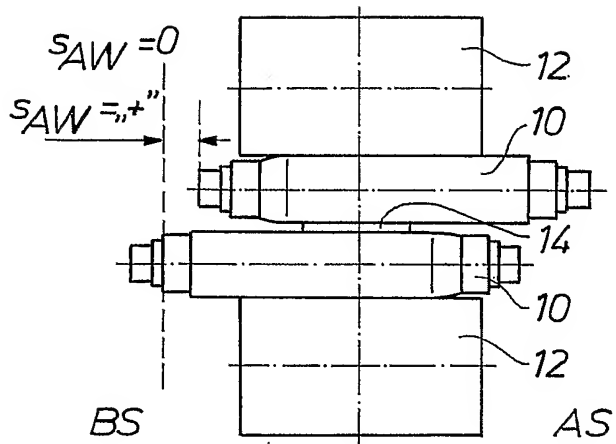
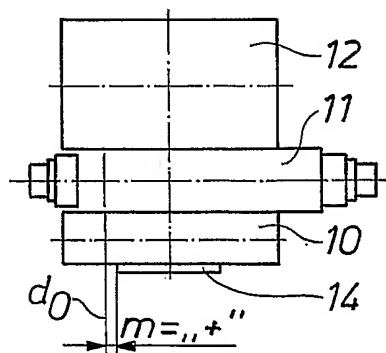
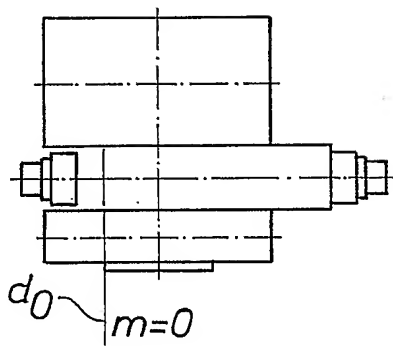
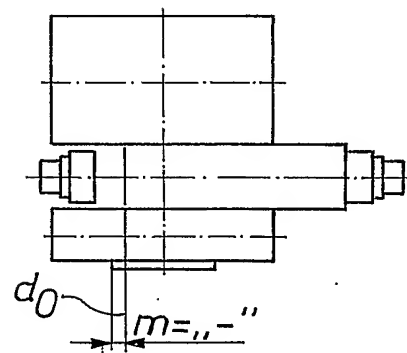
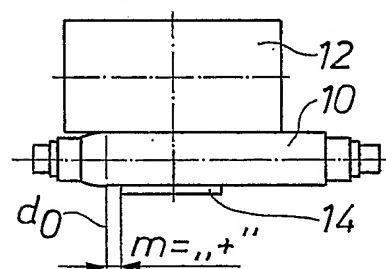
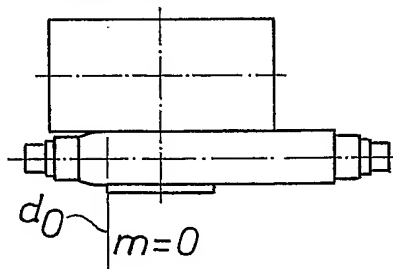
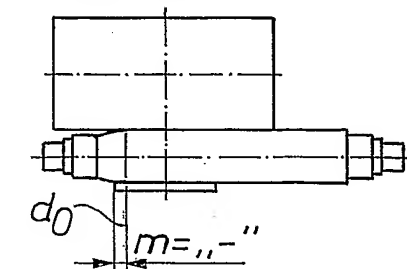


**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4****Fig. 5****Fig. 6a****Fig. 6b****Fig. 6c****Fig. 7a****Fig. 7b****Fig. 7c**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/013623

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B21B13/14 B21B13/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SHIGEMATSU K ET AL: "ADVANCED TECHNOLOGIES OF THE NEW VOLD STRIP MILL AT KASHIMA STEEL WORKS"</p> <p>CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, vol. 92, no. 6, 1 June 1995 (1995-06-01), pages 795-803, XP000527745</p> <p>ISSN: 0035-1563</p> <p>page 797; figure 1</p> <p style="text-align: center;">----- -/-</p>	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 March 2005

Date of mailing of the international search report

10/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Forciniti, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/013623

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>JOJIMA K ET AL: "DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION OF HIGH THICKNESS-UNIFORMITY SHEET IN THE NEW TANDEM COLD STRIP MILL AT KASHIMA STEEL WORKS"</p> <p>CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, vol. 93, no. 11, November 1996 (1996-11), pages 1421-1429. XP000640073 ISSN: 0035-1563 page 1421; figure 1</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>EP 0 555 882 A (HITACHI, LTD) 18 August 1993 (1993-08-18) abstract; figure 1</p> <p>-----</p>	1,5
A	<p>DE 100 37 004 A1 (SMS DEMAG AG) 28 February 2002 (2002-02-28) the whole document</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>EP 0 543 014 A (KAWASAKI STEEL CORPORATION; KAWASAKI STEEL CO; JFE STEEL CORPORATION) 26 May 1993 (1993-05-26) figures 1-56</p> <p>-----</p>	1,5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/013623

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0555882	A	18-08-1993	DE	69315099 D1		18-12-1997
			DE	69315099 T2		10-06-1998
			EP	0555882 A1		18-08-1993
			JP	2807379 B2		08-10-1998
			JP	5285504 A		02-11-1993
			KR	248887 B1		01-04-2000
			US	5657655 A		19-08-1997
<hr/>						
DE 10037004	A1	28-02-2002	BR	0112838 A		24-06-2003
			CN	1444513 A		24-09-2003
			WO	0209896 A1		07-02-2002
			EP	1305123 A1		02-05-2003
			US	2003164020 A1		04-09-2003
<hr/>						
EP 0543014	A	26-05-1993	CA	2087156 A1		17-11-1992
			DE	69226690 D1		24-09-1998
			DE	69226690 T2		07-01-1999
			EP	0543014 A1		26-05-1993
			KR	216299 B1		16-08-1999
			WO	9220471 A1		26-11-1992
			JP	2654313 B2		17-09-1997
			JP	5245506 A		24-09-1993
			US	5622073 A		22-04-1997
<hr/>						

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/013623

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B21B13/14 B21B13/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B21B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SHIGEMATSU K ET AL: "ADVANCED TECHNOLOGIES OF THE NEW VOLD STRIP MILL AT KASHIMA STEEL WORKS" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, Bd. 92, Nr. 6, 1. Juni 1995 (1995-06-01), Seiten 795-803, XP000527745 ISSN: 0035-1563 Seite 797; Abbildung 1 ----- -/--	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Forciniti, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>JOJIMA K ET AL: "DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION OF HIGH THICKNESS-UNIFORMITY SHEET IN THE NEW TANDEM COLD STRIP MILL AT KASHIMA STEEL WORKS"</p> <p>CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, Bd. 93, Nr. 11, November 1996 (1996-11), Seiten 1421-1429, XP000640073 ISSN: 0035-1563 Seite 1421; Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>EP 0 555 882 A (HITACHI, LTD) 18. August 1993 (1993-08-18) Zusammenfassung; Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1,5
A	<p>DE 100 37 004 A1 (SMS DEMAG AG) 28. Februar 2002 (2002-02-28) das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>EP 0 543 014 A (KAWASAKI STEEL CORPORATION; KAWASAKI STEEL CO; JFE STEEL CORPORATION) 26. Mai 1993 (1993-05-26) Abbildungen 1-56</p> <p>-----</p>	1,5

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013623

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0555882	A	18-08-1993	DE	69315099 D1	18-12-1997
			DE	69315099 T2	10-06-1998
			EP	0555882 A1	18-08-1993
			JP	2807379 B2	08-10-1998
			JP	5285504 A	02-11-1993
			KR	248887 B1	01-04-2000
			US	5657655 A	19-08-1997
DE 10037004	A1	28-02-2002	BR	0112838 A	24-06-2003
			CN	1444513 A	24-09-2003
			WO	0209896 A1	07-02-2002
			EP	1305123 A1	02-05-2003
			US	2003164020 A1	04-09-2003
EP 0543014	A	26-05-1993	CA	2087156 A1	17-11-1992
			DE	69226690 D1	24-09-1998
			DE	69226690 T2	07-01-1999
			EP	0543014 A1	26-05-1993
			KR	216299 B1	16-08-1999
			WO	9220471 A1	26-11-1992
			JP	2654313 B2	17-09-1997
			JP	5245506 A	24-09-1993
			US	5622073 A	22-04-1997